



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift
⑩ DE 196 29 618 A 1

⑤1 Int. Cl.⁸:
A01 D 91/04
A01 D 41/12
A01 D 41/00
G05 D 1/02
G01 C 21/20
// G06F 19/00,165:00

DE 196 29 618 A 1

②1 Aktenzeichen: 196 29 618.8
②2 Anmeldetag: 23. 7. 96
②3 Offenlegungstag: 29. 1. 98

⑦1 Anmelder:
Claas KGaA, 33428 Harsewinkel, DE

⑦2 Erfinder:
Diekhans, Norbert, Dr., 33335 Gütersloh, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

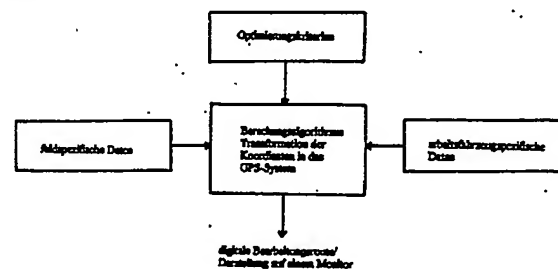
DE 44 31 824 C1
DE 195 21 929 A1
DE 195 04 475 A1
DE 44 44 373 A1
DE 44 23 623 A1
DE 44 23 083 A1
DE 44 18 659 A1
DE 43 42 171 A1
US 54 71 391
US 53 34 987
WO 95 31 759 A1

WO 95 02 318 A2
JP 07-2 53 815 A
GÖRING,Olaf: Satelliten als Wegweiser. In:
Elektronik, Nr. 5, 1996, S.38-40,43;

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

⑤4 Routenplanungssystem für landwirtschaftliche Arbeitsfahrzeuge

⑤7 Beschrieben ist ein Routenplanungssystem für landwirtschaftliche Arbeitsfahrzeuge mit einer definierten Arbeitsbreite zur Generierung von Bearbeitungsfahrweg-Verläufen auf einem Feld. In eine elektronische Datenverarbeitungseinrichtung (EDV-Anlage/Computer) werden feldspezifische Daten, insbesondere Koordinaten für die Feldumrandung, und arbeitsfahrzeugspezifische Daten, insbesondere die Arbeitsbreite, eingegeben. Aufgrund der feldspezifischen und der arbeitsfahrzeugspezifischen Daten wird in der elektronischen Datenverarbeitungseinrichtung an Hand von einem Berechnungsalgorithmus, der wenigstens ein Optimierungskriterium für die Bearbeitungsrouten aufweist, der Bearbeitungsfahrweg-Verlauf in Form einer digitalisierten Bearbeitungsrouten generiert. Darüber hinaus ist ein Spurführungssystem, das auf dem Routenplanungssystem basiert, beschrieben.



DE 196 29 618 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Routenplanungssystem für landwirtschaftliche Arbeitsfahrzeuge, beispielsweise für einen Mähdrescher, mit einer definierten Arbeitsbreite auf einem Feld.

5 Nachdem die Leistungsfähigkeit landwirtschaftlicher Arbeitsfahrzeuge immer weiter gesteigert wurde, gewinnt die Einsatzplanung/Organisation des Arbeitsablaufes für leistungsstarke Arbeitsfahrzeuge wie beispielsweise Mähdrescher, aber auch andere landwirtschaftliche Maschinen wie Düngerstreuer, Sämaschinen, Feldhäcksler, Mähwerke, Wender, Schwader etc., immer mehr an Bedeutung. Bei der Getreideernte steht wetterbedingt nur eine begrenzte Anzahl von Mähdreschstunden zur Verfügung, die allerdings oftmals wegen einer
10 mangelhaften Einsatzplanung nicht optimal ausgenutzt werden. Auch für andere landwirtschaftliche Maschinen ist eine präzise Einsatzplanung wichtig, um die theoretische Leistungsfähigkeit der Maschinen auch im praktischen Einsatz zu erreichen.

Aus der DE 43 42 171 ist ein Verfahren zur Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen unter Einsatz von Arbeitsfahrzeugen, die mit einem GPS-Satellitenempfänger zur Positionsbestimmung ausgestattet sind, bekannt. Dabei wird der jeweils bereits zurückgelegte Fahrweg aufgezeichnet und dem Fahrer auf einem Kontrollmonitor gemeinsam mit der momentanen Position des Arbeitsfahrzeuges angezeigt. Somit kann der Fahrer zu jeder Zeit überprüfen, ob der bisher bearbeitete Feldbereich fehlerfrei, das heißt ohne Auslassung irgendwelcher Teilbereiche, bearbeitet worden ist, oder ob bestimmte Feldbereiche noch nicht bearbeitet wurden. Dieses System gestattet das frühzeitige Erkennen von Feldbearbeitungsfehlern, wodurch Zeit für eine aufwendige
20 Fehlersuche und Korrekturen gespart wird. Allerdings ist eine Einsatzplanung zur optimalen Auslastung des Arbeitsfahrzeuges mit diesem Verfahren nicht möglich.

Aufgabe der Erfindung ist daher die Schaffung eines Routenplanungssystem für landwirtschaftliche Arbeitsfahrzeuge zur Generierung von Bearbeitungsfahrweg-Verläufen auf einem Feld, um eine verbesserte Auslastung der landwirtschaftlichen Arbeitsfahrzeuge zu erzielen und so beispielsweise die begrenzten Mähdreschzeiten besser auszunutzen oder der theoretischen Leistungsfähigkeit der Maschinen durch optimale Fahrwegplanung möglichst nahe zu kommen.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß in eine elektronische Datenverarbeitungseinrichtung (EDV-Anlage/Computer) ein oder mehrere feldspezifische Daten, insbesondere Koordinaten für die Feldumrandung, und ein oder mehrere arbeitsfahrzeugspezifische Daten, wie beispielsweise die Arbeits-, Fahrwerks- oder Reifenbreite, Gewichte, Tankvolumina, Grenzneigungs- und Böschungswinkel eingebbar sind. Aufgrund der feldspezifischen und der arbeitsfahrzeugspezifischen Daten wird in der elektronischen Datenverarbeitungseinrichtung anhand von einem Berechnungsalgorithmus, der wenigstens ein Optimierungskriterium für die Bearbeitungsroute aufweist, der Bearbeitungsfahrweg-Verlauf in Form einer digitalisierten Bearbeitungsroute generiert.

Über einen auf dem Arbeitsfahrzeug angeordneten Monitor wird die Bearbeitungsroute dem Fahrer angezeigt. In Verbindung mit einem auf dem Arbeitsfahrzeug angeordneten Echtzeitortungssystem, insbesondere dem GPS-Satellitenavigationssystem, bildet die optimal geplante, digitalisierte Bearbeitungsroute die Basis für ein Spurführungssystem landwirtschaftlicher Arbeitsfahrzeuge. Zu diesem Zweck wird die digitalisierte Bearbeitungsroute in die Koordinaten des auf dem Arbeitsfahrzeug installierten Echtzeitortungssystems transformiert. Die digitalisierte Bearbeitungsroute liefert somit die Sollwerte für die Spurführung.

40 Neben dem oben beschriebenen Routenplanungssystem, wo die Bearbeitungsroute anhand von einem Berechnungsalgorithmus mit einem Optimierungskriterium generiert wird, ist es auch vorgesehen, die Bearbeitungsroute manuell, beispielsweise mit einem CAD-System, zu editieren. Hierzu wird die Feldumrandung auf einem Monitor mit Hilfe eines computergestützten Zeichenprogramms dargestellt. Anschließend wird der Fahrwegverlauf unter Berücksichtigung der Arbeitsbreite innerhalb der Feldumrandung automatisch generiert oder von einer Bedienperson editiert. Anhand des eingezeichneten Fahrwegverlaufes wird eine digitalisierte Bearbeitungsroute erstellt und die digitalisierte Bearbeitungsroute in die Koordinaten des auf dem Arbeitsfahrzeug installierten Echtzeitortungssystems transformiert.

Mit der Kombination von Routenplanung und Spurführung ist eine optimale Auslastung und Einsatzplanung von landwirtschaftlichen Arbeitsfahrzeugen erreichbar. Durch die Planung und Einhaltung von optimalen Fahrspuren wird also die Wirtschaftlichkeit der eingesetzten Arbeitsfahrzeuge erhöht, da z. B. fast die volle Schneidwerksbreite ausgenutzt wird. Außerdem werden Betriebsmittel wie Kraftstoff, Saatgut, Dünger oder Pflanzenschutzmittel eingespart. Überhöhte Emissionen von Pflanzenschutzmitteln und Dünger werden vermieden. Auch lassen sich bei optimaler Routenplanung Wendezeiten einsparen und mehrfaches Befahren von Feldabschnitten vermeiden, was gleichzeitig eine unerwünschte Bodenverdichtung durch mehrfaches Befahren mit
55 schwerem Gerät vermindert.

Nachfolgend wird beschrieben, welche feldspezifischen Daten berücksichtigt werden. Die Koordinaten der Feldumrandung können aus einer Flur- oder Katasterkarte entnommen werden, was beispielsweise durch optische Abrasterung mittels eines Scanners oder durch manuelles Abtasten mittels eines Digitalisierstiftes erfolgen kann. Ferner ist es vorgesehen, die Feldumrandung durch Abfahren derselben mit einem Arbeitsfahrzeug, das eine Ortungseinrichtung, insbesondere einen Satelliten-Navigationsempfänger (GPS-Empfänger) aufweist, zu ermitteln, wobei während der Umrundungsfahrt fortlaufend die Position des Arbeitsfahrzeuges ermittelt und abgespeichert wird. Analog dazu ist es auch möglich, daß die Feldumrandung ermittelt wird, indem eine Person mit einem mobilen GPS-Empfänger die Feldumrandung abläuft, wobei während des Ablaufens fortlaufend die Position ermittelt und abgespeichert wird. Bei einem vieleckigen Feld kann die Feldumrandung auch durch Angabe aller Eckpunkte ermittelt werden. Darüber hinaus ist es vorgesehen, die Feldumrandung bei rechteckigen oder dreieckigen Feldern durch Angabe der Seitenlängen zu ermitteln.

Bestandteil der feldspezifischen Daten sind auch die folgenden Merkmale:

- ein von der Feldumrandung begrenztes, digitales Geländere relief, das auch Höheninformationen oder Informationen über bearbeitungskritisch N igungswinkel des Bodens enthält,
- die Position und die Größe von Hindernissen, wie Bäume, Steine, Bäche, Teiche, oder Strommasten o. dgl. auf dem Feld,
- Angaben über an das zu bearbeitende Feld angrenzende Geländ bereiche (andere Felder, Wege) 5
- Angaben über die Ertragsdichte des Feldes,
- ein Ertragskataster des Feldes,
- Angaben über die Fruchtart/-sorte,
- Angaben über die Bodenart und Bodenbeschaffenheit des Feldes, 10
- ein Bodenbeschaffenheitskataster des Feldes,
- Angaben über feste Erntegut-Abladepositionen.

Ferner ist es vorgesehen, daß die feldspezifischen Daten Angaben über frühere Bearbeitungsfahrweg-Verläufe in einer chronologischen Feldbearbeitungskette umfassen. Beispielsweise ist es vorgesehen, daß die feldspezifischen Daten für das Routenplanungssystem einer Erntemaschine den Bearbeitungsfahrweg-Verlauf aus der vorangegangenen Bearbeitung des Feldes durch ein Saatgut-Ausbringungsfahrzeug umfassen. Zur Bodenschonung können die Fahrwege aufeinanderfolgender Bearbeitungen auch so geplant werden, daß die Reifenspuren nebeneinanderliegen und so jeweils andere Zonen des Feldes durch den Bearbeitungsvorgang verdichtet werden. 20

Bestandteil der arbeitsfahrzeugspezifischen Daten sind neben der Arbeitsbreite die folgenden Merkmale:

- die geometrischen Abmaße (Länge, Breite, Höhe) des Arbeitsfahrzeuges,
- Angaben zur Reaktion des Arbeitsfahrzeuges auf ein bestimmtes Einschlagen der Lenkachse (Wendekreis), 25
- Angaben zur Antriebsleistung des Arbeitsfahrzeuges und/oder Angaben zu Leistungswerten von Bearbeitungsgeräten am Arbeitsfahrzeug,
- die Höchstgeschwindigkeit des Arbeitsfahrzeuges,
- Angaben über optimale Fahrgeschwindigkeiten bei gegebenen Bodenverhältnissen,
- bei einer Erntemaschine: Angaben über optimale Fahrgeschwindigkeiten für bestimmte Fruchtarten/-sorten, 30
- Angaben über optimale Fahrgeschwindigkeiten für bestimmte Ertragsdichten,
- Angaben über Verbrauchswerte von Betriebsmitteln wie beispielsweise den Kraftstoffverbrauch, Saatgut, auszubringende Flüssigkeiten,
- Angabe über das Fassungsvermögen des Kraftstofftanks, 35
- das Fassungsvermögen des Korntanks eines Mähdreschers oder eines begleitenden Ladefahrzeugs,
- Entleergeschwindigkeit des Korntanks,
- Angaben über die maximale Einsatzdauer, die beispielsweise durch Wartungsintervalle begrenzt ist,
- Fahrspur-, Fahrgassen- und Reifenbreite, Grenzneigungs- und -böschungswinkel. 40

Das Routenplanungssystem ist in der Lage, mehrere Arbeitsfahrzeuge mit gleichen oder unterschiedlichen arbeitsfahrzeugspezifischen Daten zu berücksichtigen.

Die Optimierungskriterien zur Generierung der Bearbeitungsroute umfassen die folgenden Punkte:

- die Bestimmung des kürzesten Weges, 45
- die Bestimmung des schnellsten Weges,
- die Bestimmung des kraftstoffsparendsten Weges,
- bei einer das Erntegut aufnehmenden Erntemaschine: die Minimierung von Verlustzeiten und/o der Fahrwegen für das Abladen/Abtanken des Erntegutes,
- die Bestimmung des ungefährlichsten Weges, 50
- bei einem Saatgut, Dünge-, Pflanzenschutz- oder Unkrautvernichtungsmittel ausbringenden Arbeitsfahrzeug: die Minimierung von Verlustzeiten und/oder Fahrwegen für die Wiederaufnahme/Wiederauftanken der auszubringenden Mittel,
- Bodenschonung und Vermeidung von Bodenverdichtung. 55

Auch die Kombination von Optimierungskriterien ist vorgesehen.

Das Routenplanungssystem für einen Mähdrescher gibt vorzugsweise die Position/Positionen an, an denen der Korntank des Mähdreschers voraussichtlich gefüllt ist. Darüberhinaus ist vorgesehen, daß das Routenplanungssystem eine günstige Parallelabtankstrecke für das Abtanken einer Erntemaschine auf ein parallel fahrendes Abtankfahrzeug bestimmt. 60

Anstatt eine einheitliche Routenplanung für ein Gesamtfeld durchzuführen, kann die Routenplanung auch nur auf einem oder mehreren Teilflächenbereichen des Feldes durchgeführt werden. So kann ein Feld in bestimmte Schlagbereiche unterteilt werden und für jeden Schlag eine eigenständige Routenplanung durchgeführt werden. Außerdem können z. B. Bereiche um Feldhindernisse oder Feldrandbereiche ausgespart werden.

Mit dem Routenplanungssystem kann anhand der Feldumrandung eine Berechnung der Gesamtfläche durchgeführt werden. Dies kann z. B. durch numerische Integration erfolgen. Vorzugsweise erfolgt die Berechnung der Fläche unter Berücksichtigung des Feldhöhenreliefs, da besonders bei hügeligem Gelände die projizierte Fläche erheblich von der tatsächlichen Fläche abweicht. Zusätzlich kann zu jeder Position auf der Bearbeitungsroute 65

di noch zu bearbeitende Fläche berechnet werden. Mit dem Routenplanungssystem kann eine Schlagunterteilung parallel zu Fahrgassen und/oder in ganzzahligen Vielfachen der wirksamen Arbeitsbreite (z. B. Schnittbreite eines Mähdreschers) durchgeführt werden. Außerdem ist es vorgesehen, daß das Routenplanungssystem einen Koordinationsplan für mehrere Arbeitsfahrzeuge auf ein m Feld generiert, in dem die Fahrtrihenfolge der Arbeitsfahrzeuge, die Abstände in Fahrtrichtung und der Versatz q r zur Fahrtrichtung berücksichtigt sind. Vorzugsweise umfaßt das Routenplanungssystem Bearbeitungsfahrweg-Verläufe für Wendemanöver (z. B. 180°- oder 90°-Wendemanöver).

In einer Ausführungsform wird die Bearbeitungsroute auf einer elektronischen Datenverarbeitungseinrichtung einer Hof-/Betriebsstation (Hofrechner) erstellt. Dabei wird die auf dem Hofrechner erstellte Bearbeitungsroute mittels eines tragbaren Datenträgers (z. B. Diskette, Chipkarte, PCMCIA-Karte) zu einer auf dem Arbeitsfahrzeug angeordneten elektronischen Datenverarbeitungseinrichtung (Fahrzeugrechner) übertragen. Eine Übertragung per Funk ist ebenso vorgesehen. In einer weiteren Ausführungsform wird die Bearbeitungsroute auf einer am Arbeitsfahrzeug angeordneten elektronischen Datenverarbeitungsanlage/Fahrzeugrechner) erstellt. Die feldspezifischen und/oder arbeitsfahrzeugspezifischen Daten zur Erstellung der Bearbeitungsroute werden mittels eines tragbaren Datenträgers an den Fahrzeugrechner übertragen. Auch eine Übertragung dieser Daten per Funk ist vorgesehen.

Darüber hinaus ist es vorgesehen, daß die arbeitsfahrzeugspezifischen Daten in dem Fahrzeugrechner gespeichert sind und zur Erstellung der Bearbeitungsroute im Fahrzeugrechner abrufbar sind. Auch eine manuelle Eingabe der arbeitsfahrzeugspezifischen und/oder der feldspez. Daten ist möglich. An Hand der Bearbeitungsreihenfolge der Koordinaten der digitalisierten Bearbeitungsroute im Echtzeitortungssystem werden Bearbeitungsrichtungsvektoren berechnet. Dabei ist jedem Koordinatenpunkt der digitalisierten Bearbeitungsroute jeweils ein Bearbeitungsrichtungsvektor zugeordnet. Die Koordinaten (Referenzpunkte) der digitalisierten Bearbeitungsroute im Echtzeitortungssystem können sich auf die Mitte des Arbeitsfahrzeuges oder des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Bearbeitungsgerätes beziehen. Ferner ist es vorgesehen, daß die Koordinaten sich auf die linke oder rechte Begrenzungsposition des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Arbeitsgerätes, z. B. linke Halmteilerspitze beim Schneidwerk eines Mähdreschers, beziehen.

Für die Spurführung landwirtschaftlicher Arbeitsfahrzeuge auf einem Feld weisen diese ein hochpräzises Echtzeitortungssystem zur Bestimmung der Position und des Richtungsvektors der Fahrbewegung auf. Auf einer am Arbeitsfahrzeug angeordneten graphischen Anzeige (Monitor) werden die momentane Position und Bewegungsrichtung des Arbeitsfahrzeuges als Istwerte, vorzugsweise in Vektordarstellung, angezeigt. Diese Werte können sich auch auf das am Arbeitsfahrzeug angeordnete Arbeitsgerät beziehen. Zusätzlich wird auf dem Monitor der Bearbeitungsfahrweg-Verlauf einer zuvor geplanten, digitalisierten Bearbeitungsroute (Sollwerte) des Feldes dargestellt. Somit ist es dem Fahrer möglich, durch Beobachtung des Monitors festzustellen, ob er sich noch auf der geplanten Bearbeitungsroute befindet oder nicht, und ggf. entsprechende Lenkkorrekturen vorzunehmen.

Die Sollwerte und Istwerte werden einer elektronischen Auswerteeinheit des Arbeitsfahrzeuges zugeführt, wo aus dem Vergleich der Sollwerte und Istwerte laufend Lenksignale generiert werden. Zu den Sollwerten gehören die Sollposition und ein Soll-Bearbeitungsrichtungsvektor. Zu den Istwerten gehören die Istposition und die Bewegungsrichtung des Arbeitsfahrzeuges.

Die durch den Soll/Ist-Vergleich erzeugten Lenksignale können dem Fahrer optisch und/oder akustisch angezeigt werden, damit dieser schnell reagieren kann, wenn es zu Abweichungen kommt.

In einer weiterführenden Ausführungsform werden die Lenksignale einer automatische Lenksteuerung des Arbeitsfahrzeuges zugeführt. Während eines automatischen Lenkmanövers wird die Fahrgeschwindigkeit des Arbeitsfahrzeuges in vorteilhafter Weise automatisch reduziert, um eine gewisse Lenkstabilität zu erzielen.

Zur Berücksichtigung von Feldhindernissen wird auf Angaben in der der Spurführung zugrundeliegenden Bearbeitungsroute über Position und Größe der Hindernisse zurückgegriffen. Die Hindernisdaten aus der Bearbeitungsroute können für eine automatische Höhenregelung des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Bearbeitungsgerätes verwendet werden, so daß die Hindernisse mit einem teilweise angehobenen Bearbeitungsgerät überfahren werden können. Zusätzlich werden die Hindernisse dem Fahrer auf dem Monitor angezeigt.

Die genau bestimmte Position der GPS-Empfangsantenne auf dem Arbeitsfahrzeug kann als Referenz-Istwert auf die linke oder rechte Begrenzungsposition des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Arbeitsgerätes, z. B. linke Halmteilerspitze beim Schneidwerk eines Mähdreschers, umtransformiert werden. Natürlich ist auch eine Umtransformation auf andere Punkte am Bearbeitungsgerät möglich. Zur Verbesserung der Lenkstabilität ist es in vorteilhafter Weise vorgesehen, die genau bestimmte Position der GPS-Empfangsantenne auf dem Arbeitsfahrzeug als Referenz-Istwert auf einen in Fahrtrichtung gegenüber dem Bearbeitungsgerät vorausliegenden virtuellen Punkt zu transformieren.

Als Echtzeitortungssystem wird vorzugsweise ein PDGPS-System (Precise Differential GPS) verwendet. Damit im Falle eines GPS-Ausfalls das Ortungssystem weiterbetrieben werden kann, ist es vorgesehen, ein Koppelnavigationssystem bestehend aus einem PDGPS-System und aus verschiedenen am Arbeitsfahrzeug angeordneten Stützsensoren (Radsensoren, Geschwindigkeitsmesser, Lenkwinkelsensoren, Richtungssensoren, wie Piezokreise) einzusetzen. Um eine erhöhte Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit des Spurführungssystems zu erreichen, kann zusätzlich ein auf Reflexortung (z. B. Laserscanner) beruhendes Erntegutkanten-Orientierungssystem vorhanden sein. Auch der Einsatz eines auf Abtastung beruhenden Erntegutreihen-Orientierungssystems ist vorgesehen.

Anhand der beigefügten Zeichnungen soll die Erfindung abschließend noch einmal verdeutlicht werden.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm für das automatische Routenplanungssystem,

Fig. 1 ein Blockdiagramm für das automatische Routenplanungssystem,

Fig. 2A, B Beispiele für geplant Bearbeitungsfahrwegsverläufe,
 Fig. 3 ein Feld mit Schlagunterteilung,
 Fig. 4A, B beispielhafte Darstellungen von Wendemanövern,
 Fig. 5 ein Synchronisation von zwei Fahrzeugen,
 Fig. 6 einen vergrößerten Ausschnitt einer Bearbeitungsroute,
 Fig. 7 eine Maschine mit GPS-Antenne und Referenzpunkt,
 Fig. 8 eine beispielhafte Monitoranzeige in der Fahrerkabine.

In Fig. 1 ist ein Blockdiagramm für das automatische Routenplanungssystem gezeigt. Einer EDV-Anlage (Hof-/Fahrzeugrechner/Bordcomputer), in der ein Berechnungsalgorithmus implementiert ist, werden die feldspezifischen und die arbeitsfahrzeugspezifischen Daten als Randwerte eingegeben. Anhand eines oder mehrerer Optimierungskriterien wird dann ein optimaler Bearbeitungs-Fahrwegs-Verlauf in Form einer digitalen Bearbeitungsroute errechnet. Die Koordinaten der digitalen Bearbeitungsroute werden dann in das GPS-Koordinatensystem transformiert.

In Fig. 2A, B sind die geplanten Bearbeitungsfahrweg-Verläufe auf einem Feld dargestellt — einmal in relativen Koordinaten (Fig. 2A) und einmal in absoluten Koordinaten des GPS-Systems (Fig. 2B). Für die Umrechnung der relativen Koordinaten in absolute Koordinaten gilt:

$$\varphi_{\text{absolut}} = \frac{\varphi_{\text{relativ}}}{1851,85 \frac{\text{m}}{\text{min}}} + \varphi_{\text{bezug}}$$

Für die Breite:

$$\lambda_{\text{absolut}} = \frac{\lambda_{\text{relativ}}}{1851,85 \frac{\text{m}}{\text{min}} \times \cos(\text{Breitengrad})} + \lambda_{\text{bezug}}$$

Die Planung der Bearbeitungsfahrweg-Verläufe in Fig. 2A, B wurde mit Hilfe eines CAD-Programms für NC-Maschinen durchgeführt. Das Feld wurde dabei durch ein Werkstück und das landwirtschaftliche Arbeitsfahrzeug durch ein Werkzeug (z. B.) einen Fräskopf simuliert. Die Feldumrisse lagen in Form einer Karte vor, so daß die Eckpunkte bezogen auf ein gewähltes Koordinatensystem eingegeben werden konnten. Anschließend wurden die Fahrspuren unter Berücksichtigung einer gewählten Arbeitsbreite von 6 m eingezeichnet. Die Spur bezieht sich dabei auf die Mitte des Arbeitsfahrzeuges. Dann wurden die erzeugten Spuren als Wege des Werkzeuges definiert, so daß das CAD-Programm die Koordinaten für die NC-Maschine berechnen konnte. Die äußere Linie stellt die Feldumrandung dar, die im Abstand der gewählten Arbeitsbreite dreimal nachgefahren wurde. Die weiteren inneren Spuren sind beispielhaft im unteren Teil aufgetragen.

In Fig. 3 ist ein Feld mit Schlagunterteilung gezeigt, auf dem drei Mähdrescher im Ernteeinsatz sind. Der Koordinationsplan für die Mähdrescher läßt sich mit dem automatischen Routenplanungssystem generieren, in dem die Fahrtreihenfolge der Mähdrescher, die Abstände in Fahrtrichtung und der Versatz quer zur Fahrtrichtung berücksichtigt sind.

Fig. 4A, B zeigen beispielhaft zwei Wendemanöver (180°- und 90°-Wendemanöver). Solche Wendemanöver sind in dem Routenplanungssystem integriert, beispielsweise als eine Unterroutine.

Fig. 5 zeigt die Synchronisation zwischen den Positionen und Geschwindigkeiten von Mähdrescher und Abtankfahrzeug, um ein paralleles Abtanken zu ermöglichen. Diese Synchronisation läßt sich mit dem automatischen Routenplanungssystem vorherbestimmen.

Fig. 6 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Bearbeitungsroute. Die Koordinaten der Bearbeitungsroute sind als Sollpositionen ($S = (X_s, Y_s)$) in einem Abstand von wie hier beispielhaft dargestellt 20 cm angeordnet. Jeder Sollposition ist ein Sollbearbeitungsrichtungsvektor (S) zugeordnet. Eingezeichnet ist auch die momentane Position ($P = (X_p, Y_p)$) des Referenzpunktes am Arbeitsfahrzeug sowie der Fahrtrichtungsvektor (P). Die Ungenauigkeit (DP) der Positionsbestimmung im GPS-System ist ebenfalls eingezeichnet. Zur Generierung von Lenksignalen innerhalb des Spurführungssystems ist es vorgesehen, über einen Regelkreis den Abstand zwischen der momentanen Position des Arbeitsfahrzeuges und dem Sollwert gemäß der geplanten Bearbeitungsroute zu minimieren. Als Regelkriterium ist dabei die Größe $((X_p - X_s) + (Y_p - Y_s))^2$ zu minimieren. Ein weiteres Regelkriterium, das mit dem vorstehend genannten kombiniert wird, ist die Minimierung der Winkelabweichung zwischen dem Sollbearbeitungsrichtungsvektor (S) und dem Fahrtrichtungsvektor (P). Die Winkelabweichung wird zum Beispiel über das Skalarprodukt der Vektoren S und P beschrieben: $S \cdot P = \text{Konstante} \cdot \cos \alpha$. Wenn die Winkelabweichung gleich Null ist, hat das Skalarprodukt seinen maximalen Wert.

Fig. 7 zeigt die Seitenansicht eines Mähdreschers mit einer auf dem Fahrzeugdach angeordneten GPS-Empfangsantenne und einem Referenzpunkt an der linken Halmteilerspitz.

Fig. 8 zeigt den in der Fahrzeugkabine fest oder herausnehmbar angeordneten Monitor zur Darstellung der Bearbeitungsroute und der momentanen Position auf dem Feld.

Patentansprüche

1. Routenplanungssystem für landwirtschaftliche Arbeitsfahrzeuge mit einer definierten Arbeitsbreite zur Generierung von Bearbeitungsfahrweg-Verläufen auf einem Feld, dadurch gekennzeichnet, daß in eine

elektronische Datenverarbeitungseinrichtung (EDV-Anlage/Computer) ein oder mehrere feldspezifische Daten, insbesondere Koordinaten für die Feldumrandung, und ein oder mehrere arbeitsfahrzeugspezifische Daten, wie beispielsweise die Arbeitsbreite oder sonstige fahrzeugspezifische Daten, einbaubar sind, und aufgrund der feldspezifischen und der arbeitsfahrzeugspezifischen Daten in der elektronischen Datenverarbeitungseinrichtung anhand von einem Berechnungsalgorithmus, der wenigstens ein Optimierungskriterium für die Bearbeitungsroute aufweist, der Bearbeitungsfahrweg-Verlauf in Form einer digitalisierten Bearbeitungsroute generiert wird.

2. Routenplanungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Koordinaten der Feldumrandung aus einer Flur- oder Katasterkarte entnommen werden.

3. Routenplanungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Feldumrandung jeweils durch eines der folgenden Merkmale oder in beliebiger Kombination durch optische Abrasterung mittels eines Scanners aus einer Flur- oder Katasterkarte, durch manuelles Abtasten aus einer Flur- oder Katasterkarte mittels eines Digitalisierstiftes, durch Abfahren derselben mit einem Arbeitsfahrzeug, das eine Ortungseinrichtung, insbesondere einen Satelliten-Navigationsempfänger (GPS-Empfänger) aufweist, wobei während der Umrandungsfahrt fortlaufend die Position des Arbeitsfahrzeuges ermittelt und abgespeichert wird, indem eine Person mit einem mobilen GPS-Empfänger die Feldumrandung abläuft, wobei während des Ablaufens fortlaufend die Position ermittelt und abgespeichert wird, durch Angabe aller Eckpunkte oder bei rechteckigen oder dreieckigen Feldern durch Angabe der Seitenlängen ermittelt wird.

4. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die feldspezifischen Daten eines der folgenden Merkmale oder in beliebiger Kombination miteinander mehrere Merkmale, und zwar ein von der Feldumrandung begrenztes, digitales Geländere Relief, Angaben über die Position und die Größe von Hindernissen, wie Bäume oder Strommasten o. dgl. auf dem Feld, Angaben über an das zu bearbeitende Feld angrenzende Geländebereiche (andere Felder, Wege, Straßen), die beispielsweise für Wendemanöver benutzt werden können, Angaben über die Ertragsdichte des Feldes, ein Ertragskataster des Feldes, Angaben über die Fruchtart/-sorte, Angaben über die Bodenart und Bodenbeschaffenheit des Feldes, ein Bodenbeschaffenheitskataster des Feldes, Angaben über frühere Bearbeitungsfahrweg-Verläufe in einer chronologischen Feldbearbeitungskette, für das Routenplanungssystem einer Erntemaschine den Bearbeitungsfahrweg-Verlauf eines Saatgut-Ausbringungsfahrzeuges, für das Routenplanungssystem einer das Erntegut aufnehmenden Erntemaschine Angaben über feste Erntegut-Ab-ladepositionen und/oder sonstige feldspezifischen Daten umfassen.

5. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die arbeitsfahrzeugspezifischen Daten eines der folgenden Merkmale oder in beliebiger Kombination miteinander mehrere der folgenden Merkmale, und zwar die geometrischen Abmaße (Länge, Breite, Höhe) des Arbeitsfahrzeuges, Angaben zur Reaktion des Arbeitsfahrzeuges auf ein bestimmtes Einschlagen der Lenkachse (Wendekreis), Angaben zur Antriebsleistung des Arbeitsfahrzeuges und/oder Angaben zu Leistungswerten von Bearbeitungsgeräten am Arbeitsfahrzeug, eine Angabe über die Höchstgeschwindigkeit des Arbeitsfahrzeuges, Angaben über optimale Fahrgeschwindigkeiten bei gegebenen Bodenverhältnissen, Angaben über optimale Fahrgeschwindigkeiten für bestimmte Fruchtarten/-sorten, Angaben über optimale Fahrgeschwindigkeiten für bestimmte Ertragsdichten, Angaben über Verbrauchswerte von Betriebsmitteln wie beispielsweise den Kraftstoffverbrauch, eine Angabe über das Fassungsvermögen des Kraftstofftanks, das Fassungsvermögen von Vorratsbehältern oder des Korntanks, Entleergeschwindigkeiten der Vorratsbehälter oder des Korntanks, Angaben über die maximale Einsatzdauer, die beispielsweise durch Wartungsintervalle begrenzt ist, und/oder sonstige arbeitsfahrzeugspezifische Daten umfaßt.

6. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dasselbe mehrere Arbeitsfahrzeuge mit gleichen oder unterschiedlichen arbeitsfahrzeugspezifischen Daten berücksichtigt.

7. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Optimierungskriterium oder die Optimierungskriterien für die Bearbeitungsroute aus einem oder mehreren der folgenden Merkmale besteht, und zwar die Bestimmung des kürzesten Weges, die Bestimmung des schnellsten Weges, die Bestimmung des kraftstoffsparendsten Weges, die Minimierung von Verlustzeiten und/oder Fahrwegen für das Abladen/Abtanken des Erntegutes und/oder sonstiger Optimierungskriterien.

8. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dasselbe die Position/Positionen angibt, an denen der Korntank eines Mähdreschers voraussichtlich gefüllt ist.

9. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dasselbe eine günstige Parallelabtankstrecke für das Abtanken einer Erntemaschine auf ein parallel fahrendes Abtankfahrzeug bestimmt.

10. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Optimierungskriterium für die Bearbeitungsroute eines Saatgut, Dünge-, Pflanzenschutz- oder Unkrautvernichtungsmittel ausbringenden Arbeitsfahrzeuges die Minimierung von Verlustzeiten und/oder Fahrwegen für die Wiederaufnahme/Wiederauftanken der auszubringenden Mittel ist.

11. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Optimierungskriterium die Bestimmung des ungefährlichsten Weges ist.

12. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Routenplanung nur auf einem oder mehreren Teilflächenbereichen des Feldes durchgeführt wird.

13. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- net, daß dasselbe anhand der Feldumrandung in die Berechnung der Gesamtfläche durchführt.
14. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnung der Fläche unter Berücksichtigung des Höhenreliefs des Feldes erfolgt.
15. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dasselbe eine Schlagunterteilung parallel zu Fahrgassen vornimmt. 5
16. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dasselbe in Schlagunterteilung in ganzzahligen Vielfachen der wirksamen Arbeitsbreite (z. B. Schnittbreite eines Mähdreschers) vornimmt.
17. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dasselbe einen Koordinationsplan für mehrere Arbeitsfahrzeuge auf einem Feld generiert, in dem die Fahrtrihenfolge der Arbeitsfahrzeuge, die Abstände in Fahrtrichtung und der Versatz quer zur Fahrtrichtung berücksichtigt sind. 10
18. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dasselbe Bearbeitungsfahrweg-Verläufe für Wendemanöver (z. B. 180°- oder 90°-Wendemanöver) umfaßt. 15
19. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dasselbe zu mindestens einer Position auf der Bearbeitungsrouten die noch zu bearbeitende Fläche berechnet.
20. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das landwirtschaftliche Arbeitsfahrzeug eine graphische Anzeige (Monitor) zur Darstellung der Bearbeitungsrouten aufweist. 20
21. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungsrouten auf einer elektronischen Datenverarbeitungseinrichtung einer Hof-/Betriebsstation (Hofrechner) erstellt wird.
22. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die auf dem Hofrechner erstellte Bearbeitungsrouten mittels eines tragbaren Datenträgers (z. B. Diskette, Chipkarte, PCMCIA-Karte) zu einer auf dem Arbeitsfahrzeug angeordneten elektronischen Datenverarbeitungseinrichtung (Fahrzeugrechner) übertragen wird. 25
23. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die auf dem Hofrechner erstellte Bearbeitungsrouten per Funk an den Fahrzeugrechner übertragen wird. 30
24. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungsrouten auf einer am Arbeitsfahrzeug angeordneten elektronischen Datenverarbeitungsanlage (Fahrzeugrechner) erstellt wird.
25. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die feldspezifischen und/oder arbeitsfahrzeugspezifischen Daten zur Erstellung der Bearbeitungsrouten mittels eines tragbaren Datenträgers an den Fahrzeugrechner übertragen werden. 35
26. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die feldspezifischen und/oder arbeitsfahrzeugspezifischen Daten zur Erstellung der Bearbeitungsrouten per Funk an den Fahrzeugrechner übertragen werden. 40
27. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die arbeitsfahrzeugspezifischen Daten in dem Fahrzeugrechner gespeichert und zur Erstellung der Bearbeitungsrouten im Fahrzeugrechner abrufbar sind.
28. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die arbeitsfahrzeugspezifischen Daten zur Erstellung der Bearbeitungsrouten in den Fahrzeugrechner manuell vom Fahrer eingetragbar sind. 45
29. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die digitalisierte Bearbeitungsrouten in die Koordinaten eines auf dem Arbeitsfahrzeug installierten Echtzeitortungssystems, insbesondere des GPS-Systems, transformiert werden.
30. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an Hand der Bearbeitungsreihenfolge der Koordinaten der digitalisierten Bearbeitungsrouten im Echtzeitortungssystem Bearbeitungsrichtungsvektoren berechnet werden. 50
31. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß allen Koordinatenpunkten der digitalisierten Bearbeitungsrouten jeweils ein Bearbeitungsrichtungsvektor zugeordnet ist. 55
32. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Koordinaten (Referenzpunkte) der digitalisierten Bearbeitungsrouten im Echtzeitortungssystem sich auf die Mitte des Arbeitsfahrzeuges beziehen.
33. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Koordinaten (Referenzpunkte) der digitalisierten Bearbeitungsrouten im Echtzeitortungssystem sich auf die Mitte des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Arbeitsgerätes, z. B. das Schneidwerk eines Mähdreschers, beziehen. 60
34. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Koordinaten (Referenzpunkte) der digitalisierten Bearbeitungsrouten im Echtzeitortungssystem sich auf die linke Begrenzungsposition des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Arbeitsgerätes, z. B. linke Halmteilerspitze beim Schneidwerk eines Mähdreschers, beziehen. 65
35. Routenplanungssystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Koordinaten (Referenzpunkte) der digitalisierten Bearbeitungsrouten im Echtzeitortungssystem

sich auf die rechte Begrenzungsposition des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Arbeitsgerätes, z. B. rechte Halmteilerspitze beim Schneidwerk eines Mähdreschers, beziehen.

36. Routenplanungssystem für landwirtschaftliche Arbeitsfahrzeuge mit einer definierten Arbeitsbreite zur Generierung von Fahrwegverläufen auf einem Feld, dadurch gekennzeichnet, daß die Feldumrandung auf einem Monitor mit Hilfe eines computergestützten Zeichenprogramms dargestellt wird und der Fahrwegverlauf unter Berücksichtigung der Arbeitsbreite innerhalb der Feldumrandung von einer Bedienperson editiert wird, wobei anhand des eingezeichneten Fahrwegverlaufes eine digitalisierte Bearbeitungsroute erstellt wird.

37. Routenplanungssystem nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß die digitalisierte Bearbeitungsroute in die Koordinaten eines auf dem Arbeitsfahrzeug installierten Echtzeitortungssystems, insbesondere des GPS-Systems, transformiert wird.

38. Routenplanungssystem nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Koordinaten eines auf dem Arbeitsfahrzeug installierten Echtzeitortungssystems, insbesondere eines GPS-Systems, in die digitalisierten lokalen Koordinaten des Routenplanungssystems transformiert werden.

39. Spurführung landwirtschaftlicher Arbeitsfahrzeuge mit einer definierten Arbeitsbreite auf einem Feld, wobei die Arbeitsfahrzeuge ein hochpräzises Echtzeitortungssystem zur Bestimmung der Position und des Richtungsvektors der Fahrbewegung aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß das Arbeitsfahrzeug eine graphische Anzeige (Monitor) aufweist, auf der die momentane Position und Bewegungsrichtung (Istwerte) des Arbeitsfahrzeuges und/oder des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Arbeitsgerätes und der Bearbeitungsfahrweg-Verlauf einer zuvor geplanten, digitalisierten Bearbeitungsroute (Sollwerte) des Feldes darstellbar sind.

40. Spurführungssystem nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollwerte und Istwerte einer elektronischen Auswerteeinheit des Arbeitsfahrzeuges zugeführt werden, wo aus dem Vergleich der Sollwerte und Istwerte laufend Lenksignale generiert werden.

41. Spurführungssystem nach einem der Ansprüche 39 oder 40, dadurch gekennzeichnet, daß zu den Sollwerten die Sollposition und ein Soll-Bearbeitungsrichtungsvektor gehören.

42. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 41, dadurch gekennzeichnet, daß zu den Istwerten die Istposition und die Bewegungsrichtung des Arbeitsfahrzeuges gehören.

43. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 42, dadurch gekennzeichnet, daß die Lenksignale dem Fahrer optisch und/oder akustisch angezeigt werden.

44. Spurführungssystem nach einem der Ansprüche 39 bis 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Lenksignale einer automatischen Lenksteuerung des Arbeitsfahrzeuges zugeführt werden.

45. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 44, dadurch gekennzeichnet, daß die Fahrgeschwindigkeit des Arbeitsfahrzeuges während eines automatischen Lenkmanövers automatisch reduziert wird.

46. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 45, dadurch gekennzeichnet, daß die der Spurführung zugrundeliegende Bearbeitungsroute Angaben über Position und Größe von Feldhindernissen aufweist.

47. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 46, dadurch gekennzeichnet, daß Hindernisse auf dem Monitor angezeigt werden.

48. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 47, dadurch gekennzeichnet, daß Hindernisdaten aus der Bearbeitungsroute für eine automatische Höhenregelung des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Bearbeitungsgerätes verwendet werden.

49. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 48, dadurch gekennzeichnet, daß die genau bestimmte Position der GPS-Empfangsantenne auf dem Arbeitsfahrzeug als Referenz-Istwert auf die linke Begrenzungsposition des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Arbeitsgerätes, z. B. linke Halmteilerspitze beim Schneidwerk eines Mähdreschers, umtransformiert wird.

50. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 49, dadurch gekennzeichnet, daß die genau bestimmte Position der GPS-Empfangsantenne auf dem Arbeitsfahrzeug als Referenz-Istwert auf die rechte Begrenzungsposition des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Arbeitsgerätes, z. B. rechte Halmteilerspitze beim Schneidwerk eines Mähdreschers, umtransformiert wird.

51. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 50, dadurch gekennzeichnet, daß die genau bestimmte Position der GPS-Empfangsantenne auf dem Arbeitsfahrzeug als Referenz-Istwert auf die Mitte des am Arbeitsfahrzeug angeordneten Arbeitsgerätes umtransformiert wird.

52. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 51, dadurch gekennzeichnet, daß die genau bestimmte Position der GPS-Empfangsantenne auf dem Arbeitsfahrzeug als Referenz-Istwert auf einen in Fahrtrichtung gegenüber dem Arbeitsgerät vorausliegenden virtuellen Punkt zur Verbesserung der Lenkstabilität umtransformiert wird.

53. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 52, dadurch gekennzeichnet, daß als Echtzeitortungssystem ein PDGPS-System verwendet wird.

54. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 53, dadurch gekennzeichnet, daß das Echtzeitortungssystem von einem Koppelnavigationssystem, bestehend aus einer Satellitennavigations-Empfangeinheit und aus verschiedenen am Arbeitsfahrzeug angeordneten Sensoren (Radsensoren, Geschwindigkeitsmesser, Lenkwinkelsensoren, Richtungssensoren, Piezokreiseln), gebildet wird.

55. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 54, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zum Echtzeitortungssystem (GPS-Empfänger) ein auf Reflexortung (z. B. Laserscanner) beruhendes Erntegutkanten-Orientierungssystem vorhanden ist.

56. Spurführungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 39 bis 55, dadurch gekennzeichnet, daß

zusätzlich zum Echtzeitortungssystem (GPS-Empfänger) ein auf Abtastung beruhendes Erntegutreihen-Erkennungssystem vorhanden ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

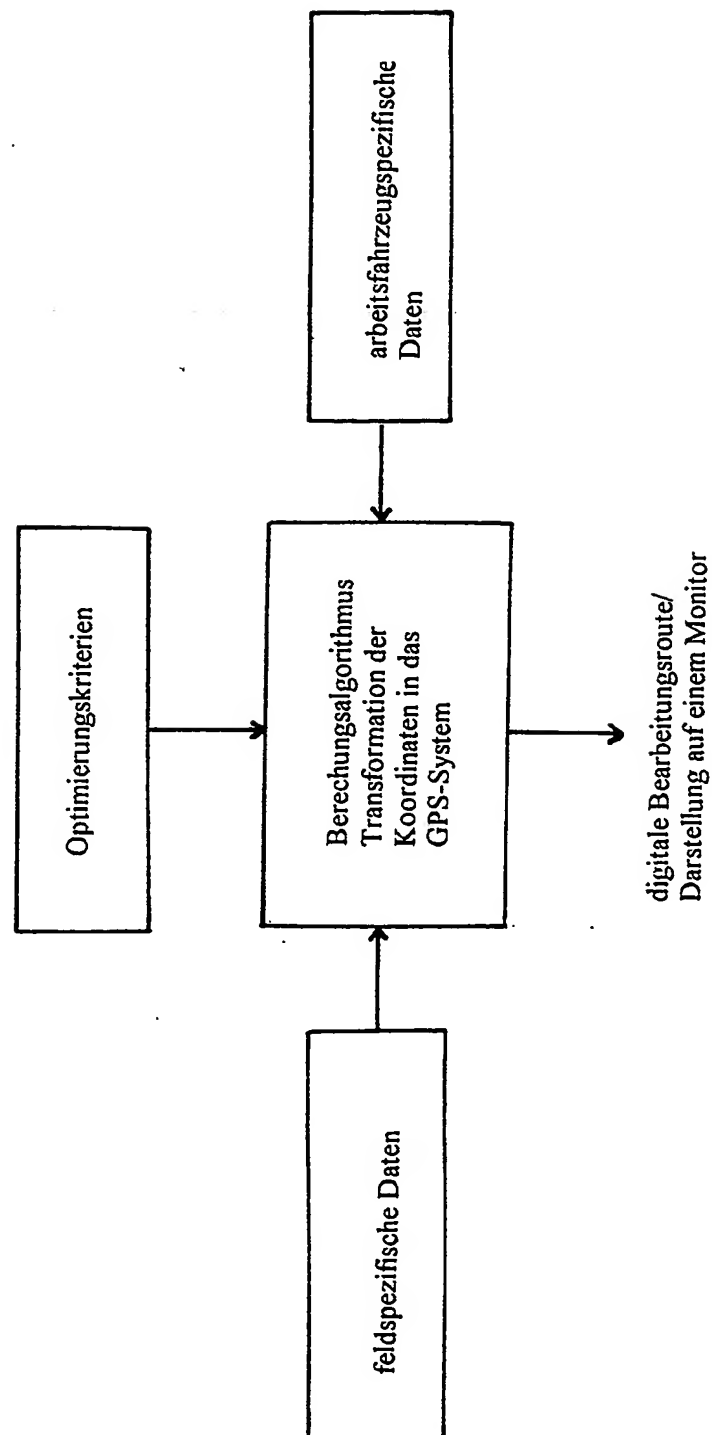


Fig.1

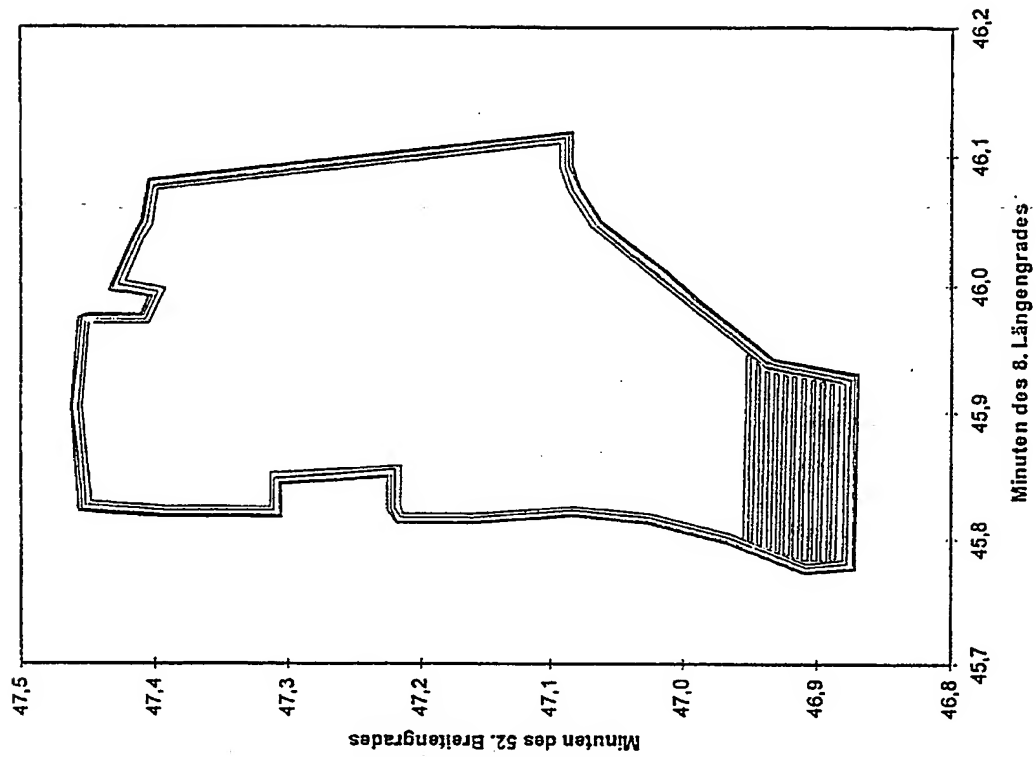


Fig. 2B

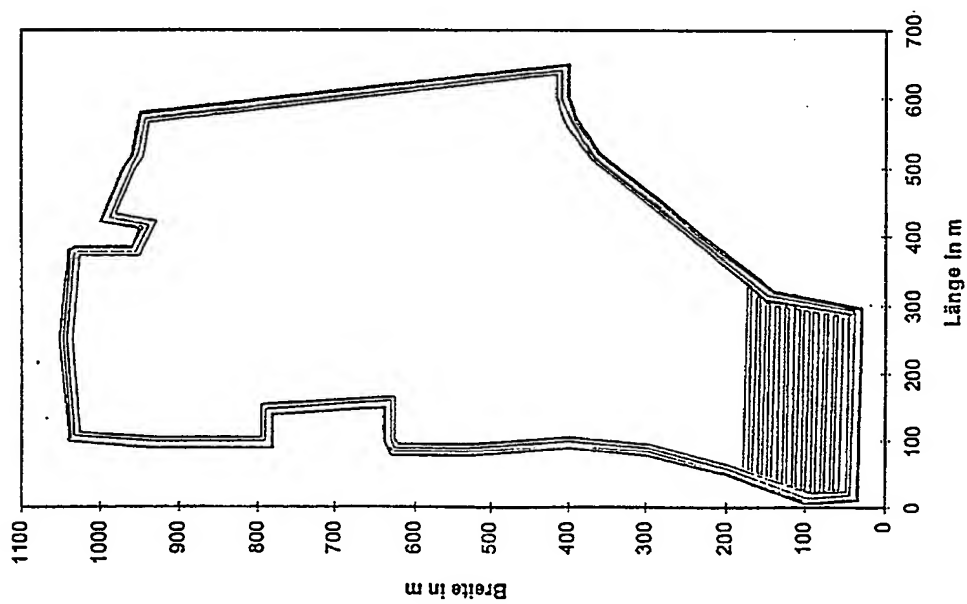


Fig. 2A

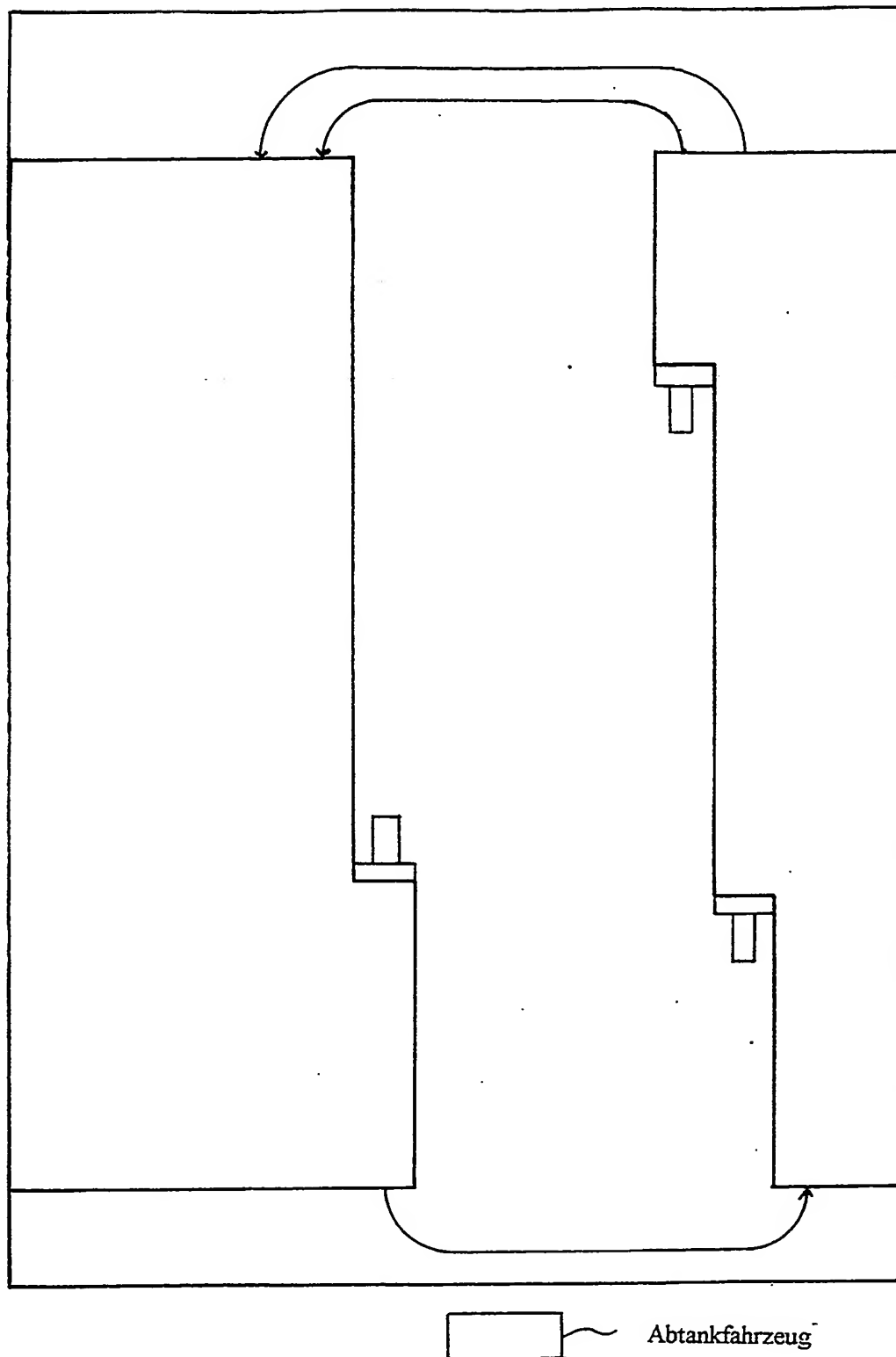


Fig.3

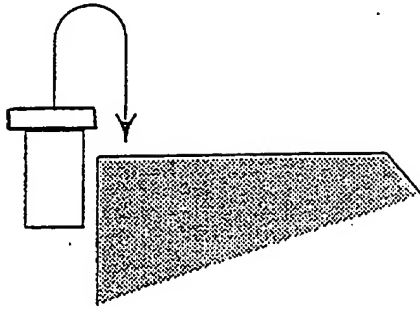


Fig. 4 A

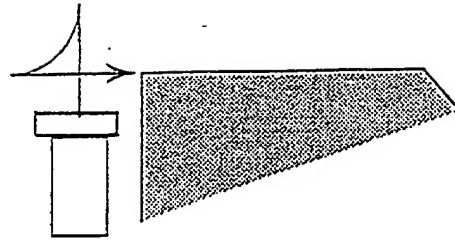


Fig. 4 B

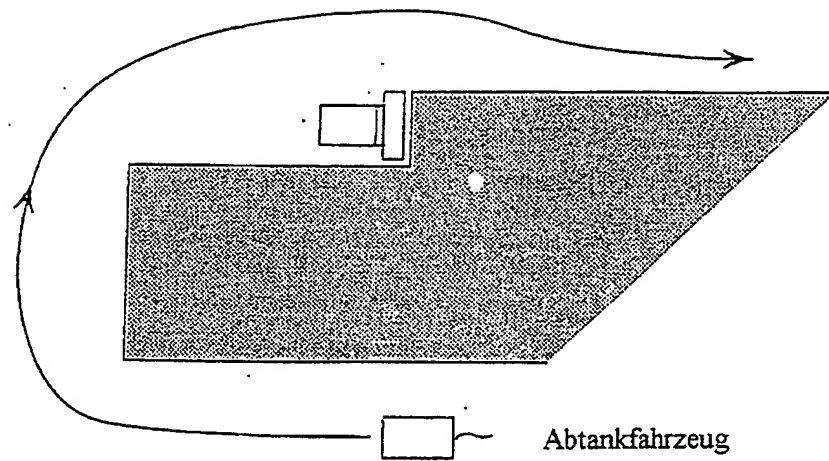


Fig. 5

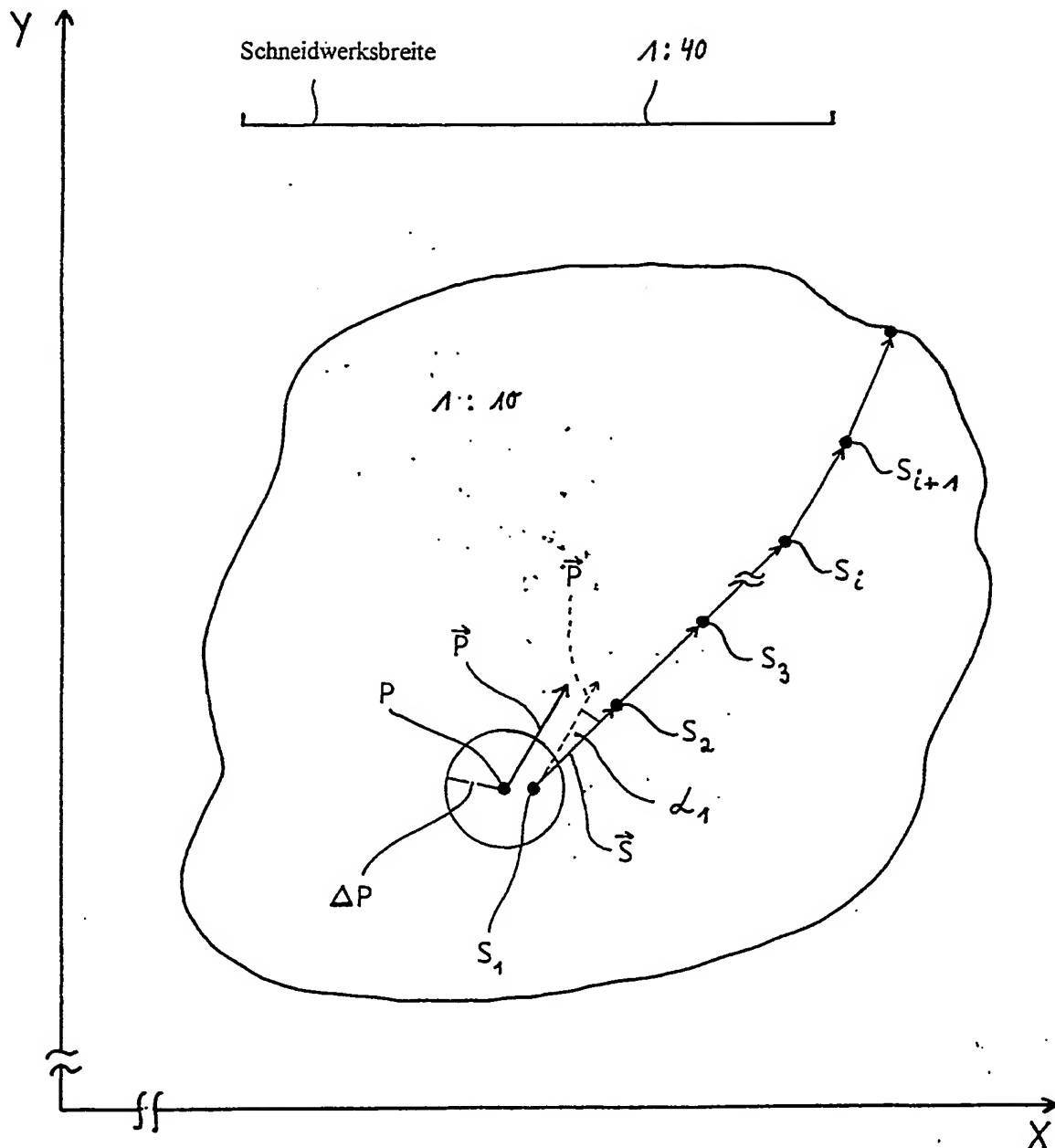


Fig.6

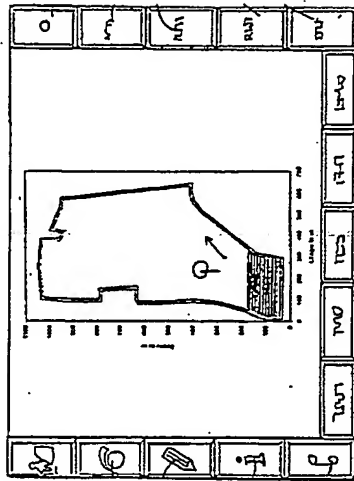


Fig. 8

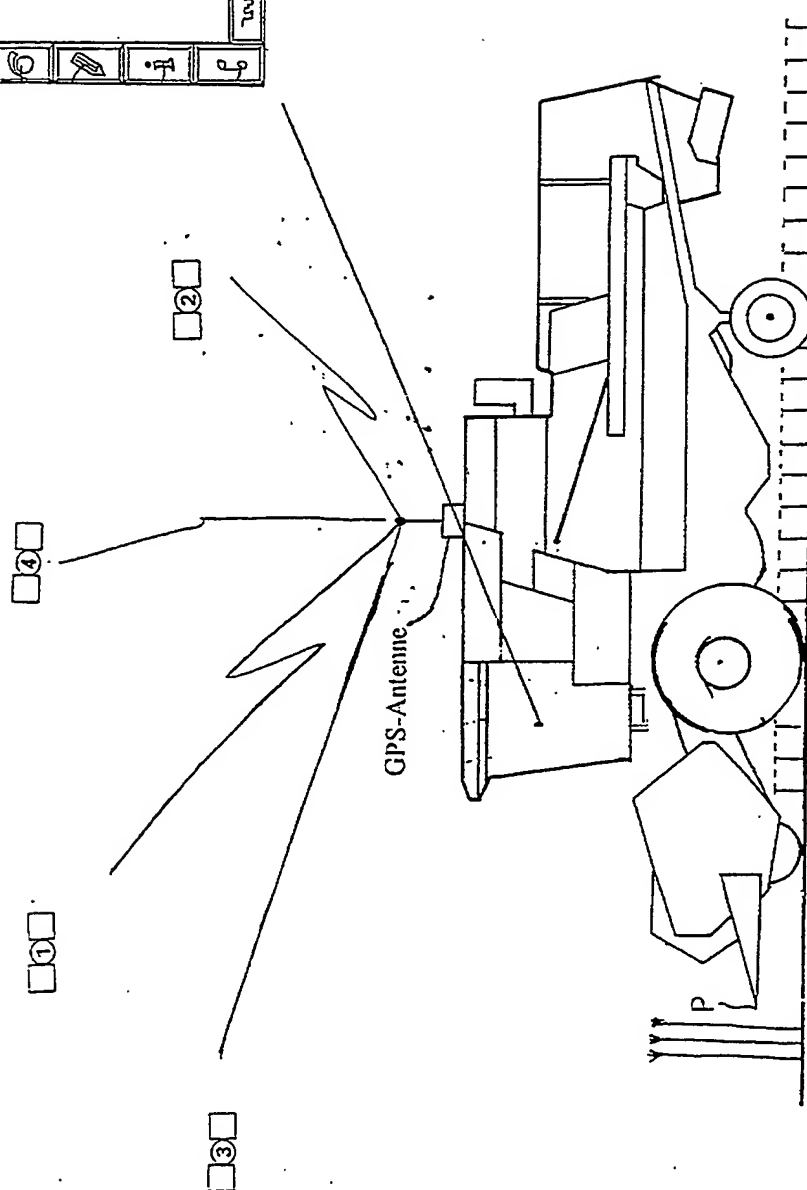


Fig. 7